Osaka University Knowledge Archive

Title	センサ／アクチュエータ・コロケーションのもとでの大型宇宙構造物の分散制御に関する研究
Author(s)	小林, 洋二
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46963
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

氏　　名　小林洋二（こばやしようじ）

博士の専攻分野の名称　博　士（工　学）

学位記番号　第　20317　号

学位授与年月日　平成18年3月24日

学位授与の要件　学位規則第4条第1項該当

工学研究科電子制御機械工学専攻

学位論文名　**センサ/アクチュエータ・コロケーションのもとでの大型宇宙構造物の分散制御に関する研究**

論文審査委員　（主査）
教　授　池田　雅夫

（副査）
教　授　太田　快人　　助教授　大塚　敏之　　助教授　浅井　　徹

論文内容の要旨

第1章は緒論であり、研究の背景とこれまでに報告されてきた大型宇宙構造物の制御方法について述べたあと、本論文の構成を述べた。

第2章では、本論文の制御対象である大型宇宙構造物のモデルについて説明した。まず、宇宙構造物単体の運動方程式、本論文の制御方法の前提となるセンサ/アクチュエータ・コロケーションの表現、剛体モードを制御するための前提条件を述べた。つぎに、単体の宇宙構造物（サブシステム）を、バネとダンパによって近似される柔軟なリンクによって柔結合して構成される大型宇宙構造物を考え、そのモデルを記述した。

第3章では、大型宇宙構造物をDVDFB制御によって制御する方法について述べた。ここでは、DVDFB制御を分散制御へ拡張し、その場合に閉ループシステムをロバスト安定化することができ、最適制御できることを示した。さらに、この分散制御システムが、サブシステムの局所コントローラの故障に対する耐故障性をもつための定性的な条件を導いた。

第4章では、宇宙構造物の変位出力の動的フィードバックを用いて、DVDFBをプロパーなコントローラによって近似し、これによって大型宇宙構造物を制御するプロパー近似DVDFBを提案した。まず、サブシステムに対してプロパー近似DVDFBを構成し、ゲインパラメータを適当に選ぶことによって、閉ループサブシステムが、最適レギュレータになることを示した。つぎに、プロパー近似分散DVDFBによる閉ループ全体システムを構成し、この全体システムが最適レギュレータになるために、局所コントローラのパラメータが満たすべき条件を明らかにした。さらに、プロパー近似分散DVDFBが、サブシステムのコントローラの故障に対する耐故障性をもつための定性的な条件を導いた。

第5章では、変位出力の動的フィードバックを用いて、DVDFBを厳密にプロパーなコントローラで近似し、これによって大型宇宙構造物を制御する厳密プロパー近似DVDFBを提案した。まず、サブシステムに対して、その構成法を述べたあと、閉ループサブシステムが最適レギュレータになるために、コントローラのパラメータが満たすべき条件を導出した。つぎに、厳密プロパー近似DVDFBによる分散制御システムを構成し、この閉ループ全体システムが最適レギュレータになるためにコントローラパラメータが満たすべき条件を明らかにした。さらに、この厳密プロパー近似分散DVDFBにおいては、耐故障性をもつための定性的な条件を求めることができない理由を考察した。

第６章は本論文の結論であり、本論文で提案した各手法の特徴をまとめ、本研究の成果を述べた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、太陽発電衛星のような大型宇宙構造物の位置と姿勢の制御法について論じている。対象とする大型構造物は、サブ構造物（サブシステム）が、バネ・ダンパ近似される柔軟リンクで結合されたものである。そして、各サブ構造物において、センサとアクチュエータは同位置・同方向に配置（コロケーション）されている。

大型宇宙構造物の位置と姿勢の制御を考えるときには、制御システムの設計に用いるモデルのパラメータに高い精度が期待できないため、パラメータ誤差を許容するロバスト制御を適用することが必要である。また、位置と姿勢にずれが生じた場合、速やかに正す制御が必要である。さらに、サブシステムの結合や分離を容易にするため、サブシステムごとの自律的な分散制御に拡張が可能な制御則であることが望ましい。あわせて、サブシステムの局所コントローラが故障した場合でも、全体システムの安定性が保持される性質（コントローラの故障に対する耐故障性）をもつことが必要である。

本論文では、これらの性能要求を満足する制御法として、(1) 分散 DVDFB（Direct Velocity and Displacement Feedback）制御、(2) プロパー近似分散 DVDFB 制御、(3) 厳密プロパー近似分散 DVDFB 制御を提案している。

(1) については、これまでに提案されていた DVDFB 制御を分散制御へ拡張し、閉ループ全体システムがロバスト安定性を有することを示し、２次形式評価関数に対する最適性、局所コントローラの故障に対する耐故障性を有するための条件を導出している。

(2) については、変位出力のみを用いたプロパーなコントローラによって DVDFB 制御を近似し、このコントローラを用いて分散制御した閉ループ全体システムがロバスト安定性を有することを示し、あわせて２次形式評価関数に対する最適性、局所コントローラの故障に対する耐故障性を有するための条件を導出している。

(3) については、コントローラの実現を容易にすることを目的として、変位出力のみを用いた厳密にプロパーなコントローラによって DVDFB 制御を近似し、このコントローラによる分散制御システムが安定で、２次形式評価関数に対する最適性を有するための条件を導出している。そして、局所コントローラの故障に対する耐故障性を実現するためには、ゲインと位相の定量的な条件を付加する必要があることを指摘している。

以上のように、本論文は大型宇宙構造物の位置と姿勢の制御に要求される性能を実現する実用的な制御法を提案しており、この成果は、将来、宇宙構造物のハードウェアとソフトウェアの両面におけるさらなる研究により、実際の宇宙構造物へ実装され、宇宙開発に貢献できると期待される。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。